

Gravitacional – Laderas 2



Paloma Fernández García
Dpto. Geodinámica. Facultad C.C. Geológicas
Universidad Complutense de Madrid



Desprendimiento en la Ermita de La Fuencisla (Segovia)

Paloma Fernández García

CAÍDAS

CAÍDAS: movimientos gravitacionales de bloques de roca o tierras, que ocasionalmente pueden ser de gran tamaño. Se suelen producir instantáneamente, prolongando su movimiento por rebotes y rodadura

Desprendimiento: movimiento en caída libre al vacío

Vuelco: movimiento hacia el exterior de la parte superior de una roca (cabeceo)

CARACTERÍSTICAS:

Siempre en laderas muy verticales (escarpes)

Presencia de diaclasas, grietas paralelas al borde de la ladera

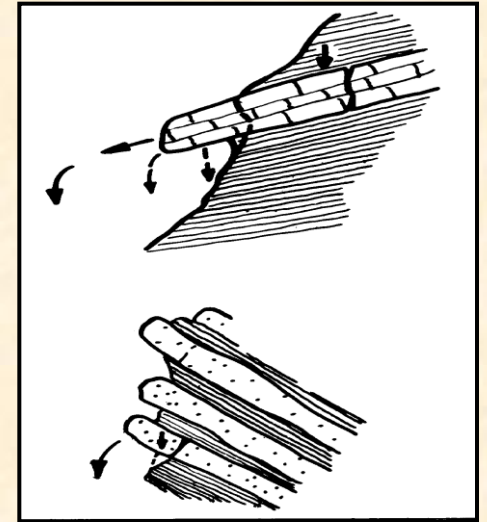
Alternancia litológica de los estratos de diferente competencia

Características climáticas de contraste: crioclastía; ciclos de helada

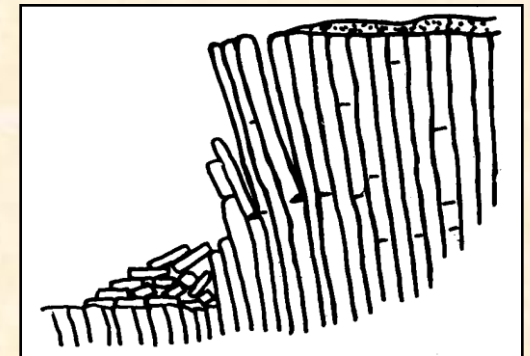
Ecosistemas de montaña, zonas kársticas, zonas costeras tipo acantilado

Erosión (descalce) en la base de la ladera

Un alto porcentaje tienen origen desconocido



Desprendimiento

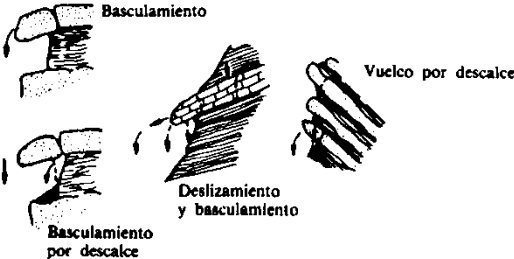
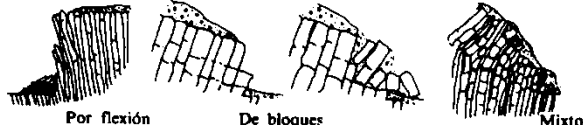



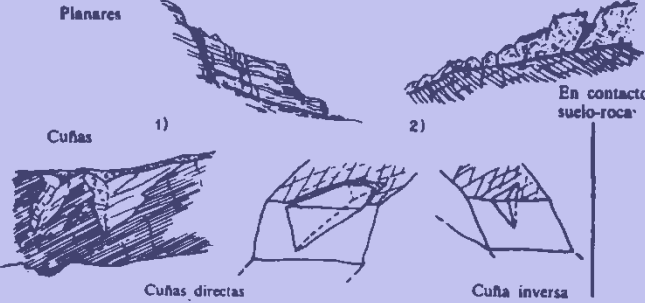



Vuelco

CAÍDAS

Velocidades: Desprendimientos: movimientos muy rápidos a rápidos

Vuelcos: movimientos de rápidos a moderados

TIPO DE MOVIMIENTO	CLASE DE MATERIAL		RANGO GENERAL DE VELOCIDAD EN LOS MOVIMIENTOS (cms/sg)															
	MEDIOS ROCOSOS	SUELOS																
DESPRENDIMIENTOS	<div><div></div></div>		10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ¹	1	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸		
			EXTREM RAPIDO	MUY RAPIDO					RAPIDO				LENTO MODÉ- RADO		MUY LENTO	EXTR LEN- TO		
			10m/sg	1m/min	1m/día	1m/mes	1m/año	1cm/año										
VUELCOS (toppling)	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>																
DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>																
DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	<div><div><div><div></div></div></div></div>	<div><div></div></div>	1)															
			2)															
			3)															

Pàloma Fernández García



Cañon del Duratón (Segovia)

Paloma Fernández García



Ermita de La Fuencisla (Segovia), 2005

Paloma Fernández García



Vuelcos, Navarra

Fotografía: Esteban Faci

Condicionantes Geomorfológicos

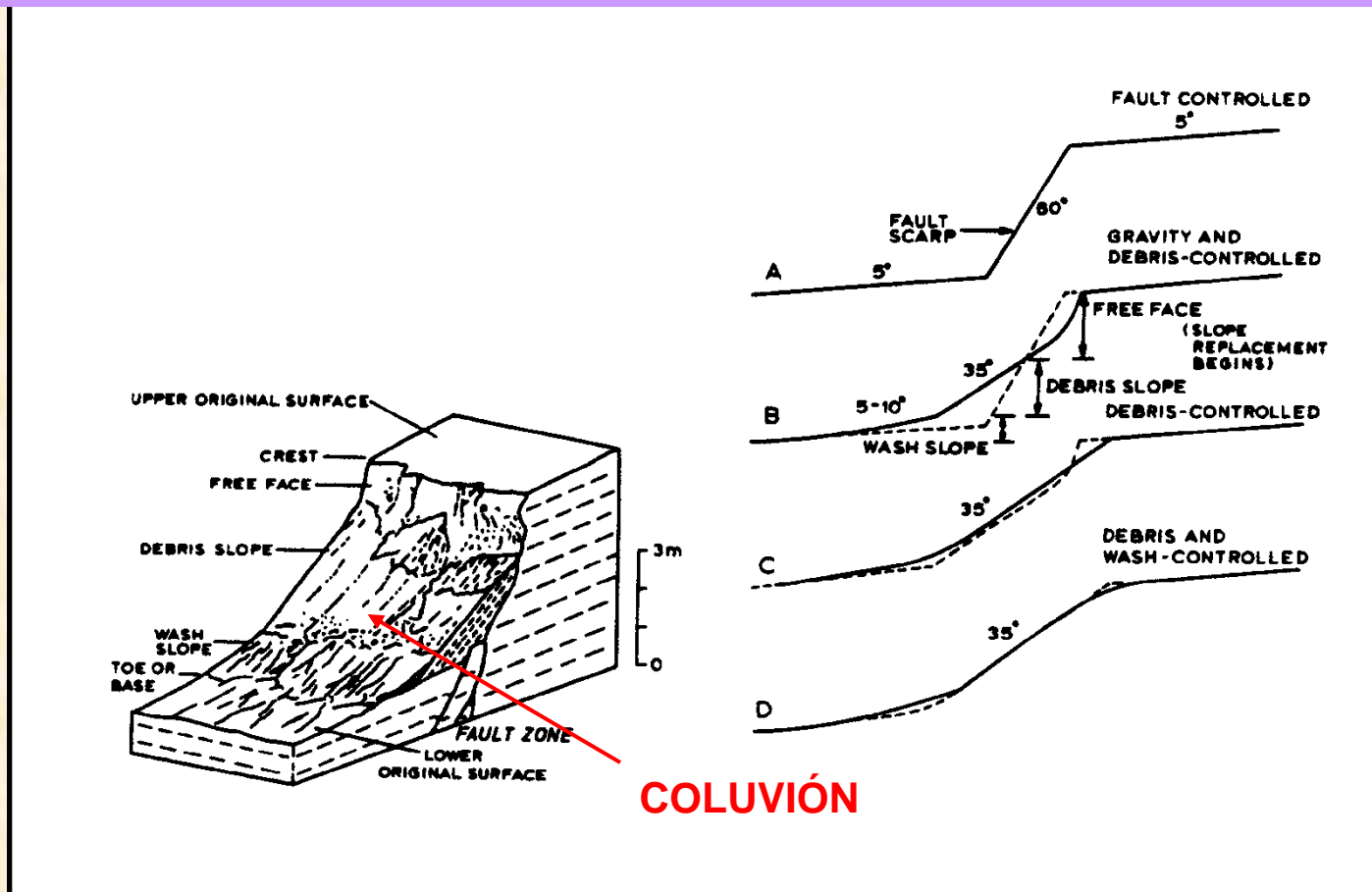
- Las direcciones de las diclitas y su intersección respecto al escarpe, condicionan el tamaño y forma del volumen desprendido.

- La distancia alcanzada por los bloques desprendidos es superior a la de cualquier otro movimiento (a excepción de los flujos)

Durante la caída se producen rebotes y roturas. La velocidad es muy alta.

- No hay seguridad del lugar de procedencia exacto de la ladera, donde se ha producido el desprendimiento, ni tampoco de su trayectoria.

CAÍDAS



La evolución de la ladera consiste en una disminución de la pendiente, un retroceso del escarpe y en la formación de un coluvión

COLUVIÓN:

Depósito cuyos materiales reflejan la composición original de la ladera, no presenta estructuras de ordenamiento y no tiene morfología propia



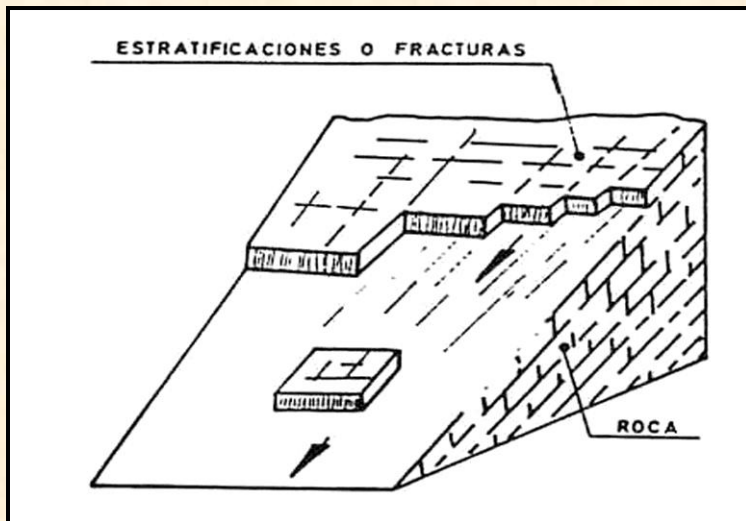
Coluvión, cañon del río Lobos

DESLIZAMIENTOS

Deslizamiento Traslacional (planares):




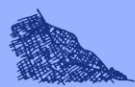



















Movimientos descendentes de rocas o masas de tierra a favor de una “superficie” (estrato, fractura, etc.) de rotura, plana o ligeramente ondulada, siguiendo una trayectoria rectilínea y a favor de una superficie portante del movimiento

Pueden existir tanto en rocas como en tierras



Deslizamiento planar en “cuña”, Asturias

Deslizamientos

TIPO DE MOVIMIENTO	CLASE DE MATERIAL		RANGO GENERAL DE VELOCIDAD EN LOS MOVIMIENTOS (cms/sg)									
	MEDIOS ROCOSOS	SUELOS	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
DESPRENDIMIENTOS			EXTR. RAPIDO	MUY RAPIDO	RAPIDO	MODE- RADO	LENTO	MUY LENTO	EXTR. LENTO			
VUELCOS (toppling)												
DESPLAZAMIENTOS ROTACIONALES												
DESPLAZAMIENTOS TRASLACIONALES	    		1)									
PANDEO (Buckling)	  											
EXTENSIONES LATERALES												
COLADAS		 	2)									1)
MOVIMIENTOS COMPLEJOS	 	 										
 <p>ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO Y MOVIMIENTOS QUE PUEDEN ASOCIARSE</p>												

Paloma Fernández García

Deslizamientos

Características:

Superficie de rotura “plana” o subparalela al suelo

Conservación masa desplazada (salvo ruptura)

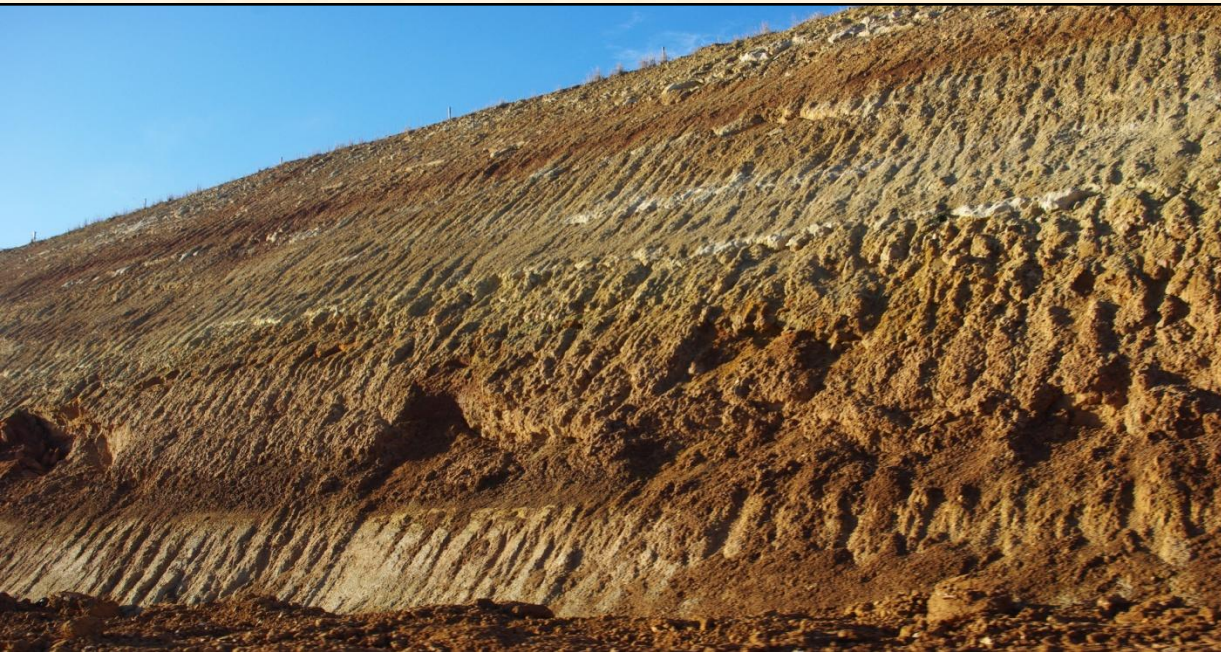
Espesor masa movida (salvo excepciones): reducida ($< 2\text{m}$)

Arrastres de suelo y cobertera vegetal (incendios, deforestación)

Longitud recorrida: variable (corta)

Velocidad: muy rápida – moderado

Cicatriz de despegue: irregular



Arrastres de suelos, Nepal

Taludes con deslizamiento en la Autovía N - I



Deslizamiento en cuña, Andorra



Arrastres de tierras por deslizamiento superficial

Paloma Fernández García

MEDIDA DE LA ESTABILIDAD

FACTOR DE SEGURIDAD (F_s) o Principio del Equilibrio Límite

Es un coeficiente adimensional que expresa la relación entre las fuerzas estabilizadoras (de resistencia) y desestabilizadoras (motricidad). Se evalúa a partir de un valor crítico (1)

Fuerzas estabilizadoras

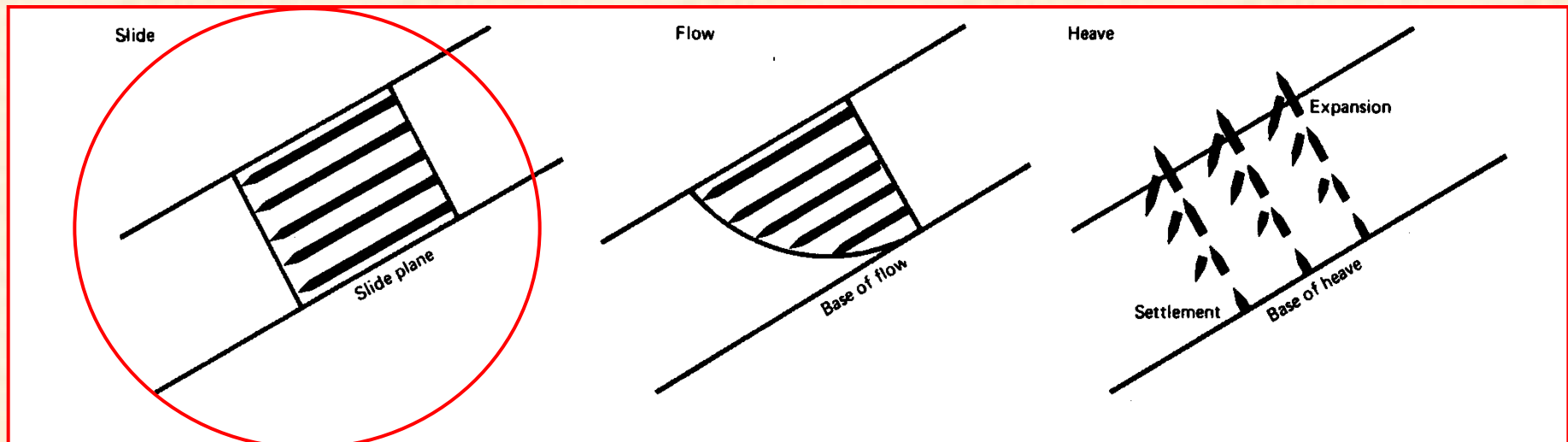
F_s : _____

Fuerzas desestabilizadoras

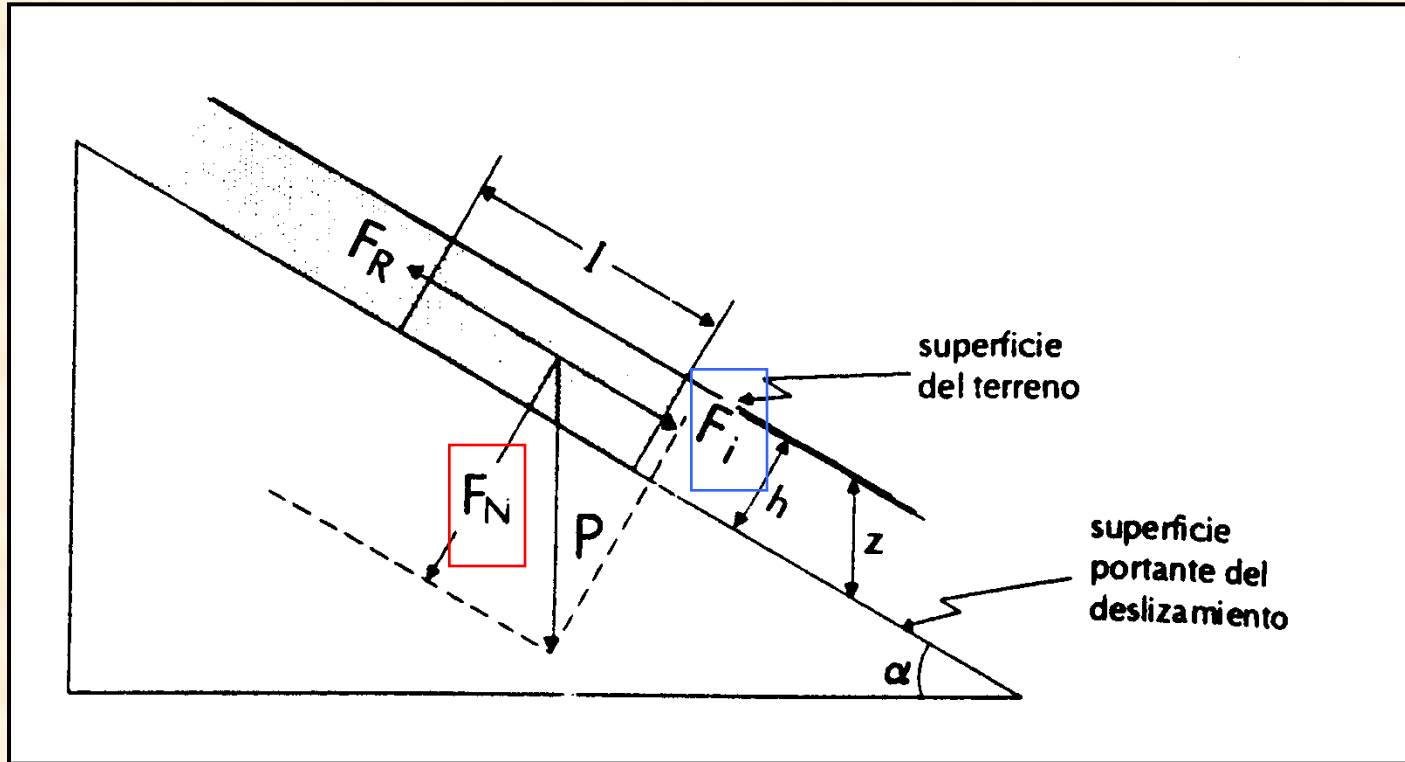
$F_s > 1$ (estable)

$F_s = 1$ Crítico (inestable)

$F_s < 1$ (inestable)



MEDIDA DE LA ESTABILIDAD



Fuerzas estabilizadoras: elementos y componentes “normal” al plano

Fuerzas de impulso: elementos y componentes “a favor” de dicho plano














$$F_s: \frac{C' + [(P \cos \alpha) - u] \operatorname{tg} \phi}{P (\operatorname{sen} \alpha)}$$

Parámetros que intervienen en el Factor de Seguridad (Fs)

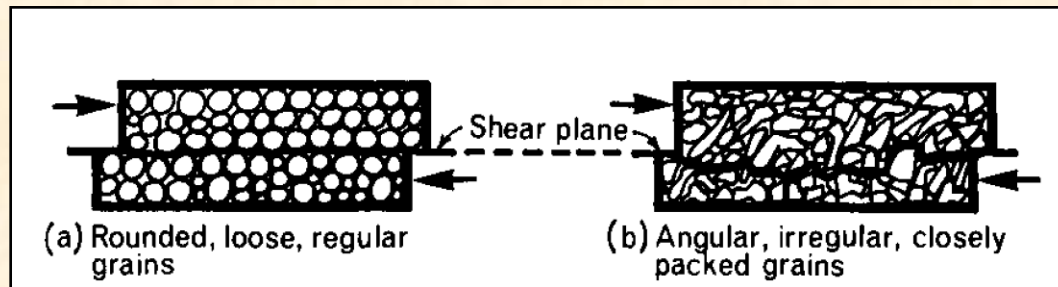
- 1- Peso del material afectado (P)
- 2- Cohesión verdadera (C) y cohesión efectiva (C')
- 3- Inclinação general de la ladera o talud (α)
- 4- Empuje hidrostático ejercido por el agua absorbida (u)
- 5- Rozamiento: coeficiente de fricción estático (morfología de los granos en contacto) (μ) y ángulo crítico de rozamiento interno (rotura interna del propio material)($\text{tg } \phi$)

MEDIDA DE LA ESTABILIDAD

Influencia del buzamiento en la estabilidad en roca

Class	0	1	2	3	
I Unfavourables					Desfavorables
II Middles					Intermedios
<u>Favorables</u> III Favourables					

Tipos de macizos, en Varnes D. J. (1984)



Morfología de granos y rugosidad en la superficie de despegue en suelos

DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES (otras características)

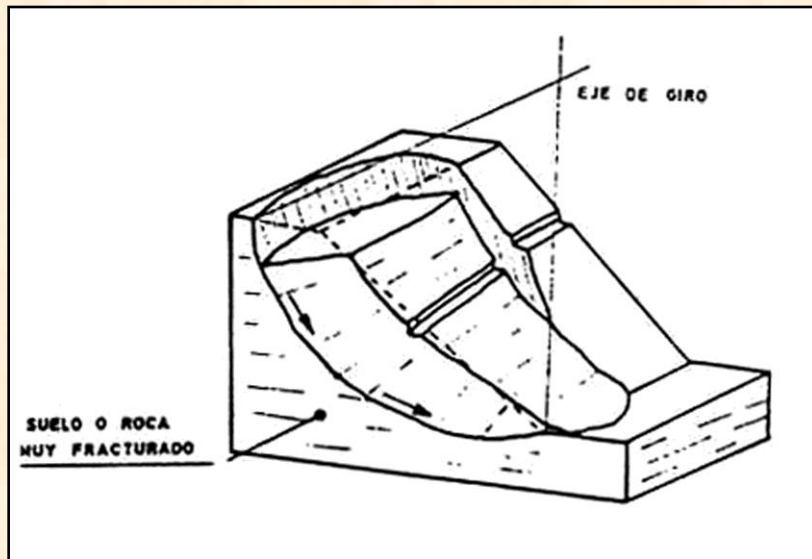
- Son los mas numerosos estadísticamente. Se asocian a laderas en cuencas de 1º y 2º orden
- Generalmente relacionados con elevada pendiente ($> 20^\circ$)
- Frecuentes en contacto suelo (formación superficial) – roca
- Relacionados directamente con la lluvia caída. Poco tiempo de respuesta
- Su mejor identificación está en la cicatriz de despegue, apreciándose como: arranques de suelo, escalones anómalos etc

Deslizamientos (rotacionales)

Deslizamiento Rotacional:

Movimientos de rocas o tierras, a favor de una superficie curva (cóncava). Esta superficie portante o de “despegue” tiene distinta profundidad en la ladera.

El movimiento resultante se ajusta a la estabilidad sobre un arco de círculo





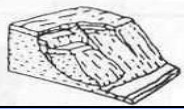
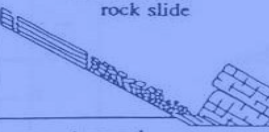

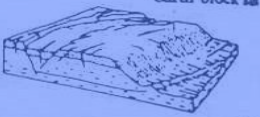

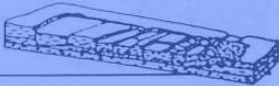
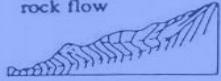
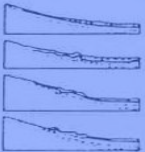
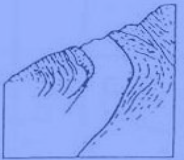









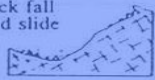

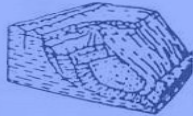


Deslizamientos Rotacionales, lehn gránítico

Paloma Fernández García

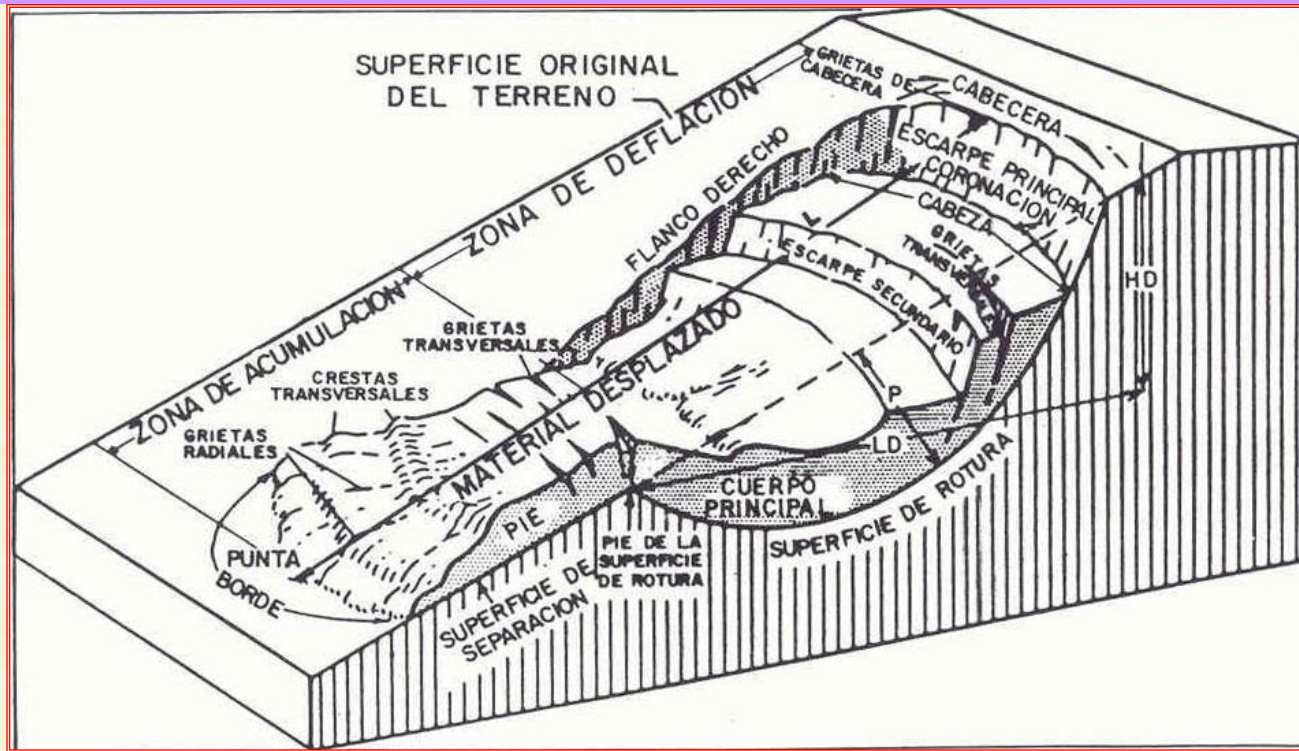
Deslizamientos

CLASIFICACION VARNES

TYPE OF MOVEMENT	TYPE OF MATERIAL		
	ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLING	rock fall 	debris fall	earth fall
TOPPLING	rock column topple 	debris topple 	earth topple
SLIDING OR SLUMPING	rotational: rock slump 	debris slump	earth slump 
	translational: rock slide 	debris slide 	earth block slide 
LATERAL SPREADING	lateral spread of rock blocks 		lateral spread of earth 
FLOW	rock flow   	debris flow  solifluction  debris avalanche  soil creep  block flow 	sand flow  earth flow 
COMPLEX TYPES	rockfall-debris flow-debris avalanche 	rock topple and slump  rock fall and slide 	valley bulging (cambering)  earth flow-slump 

Paloma Fernández García

Deslizamientos (rotacionales)



Criterios Geomorfológicos de Identificación

Zona de Cabecera y despegue: Mayor preservación en el tiempo (formas erosivas y escarpes).

Grietas semicirculares. Depresiones y encharcamientos

Escarpe semicircular (cicatriz)

Bloques basculados

Zona de Acumulación (Píe):

Lóbulos de tierras y bloques, vegetación arrancada y escorrentía superficial desordenada, no coherente con el entorno

Cicatriz semicircular

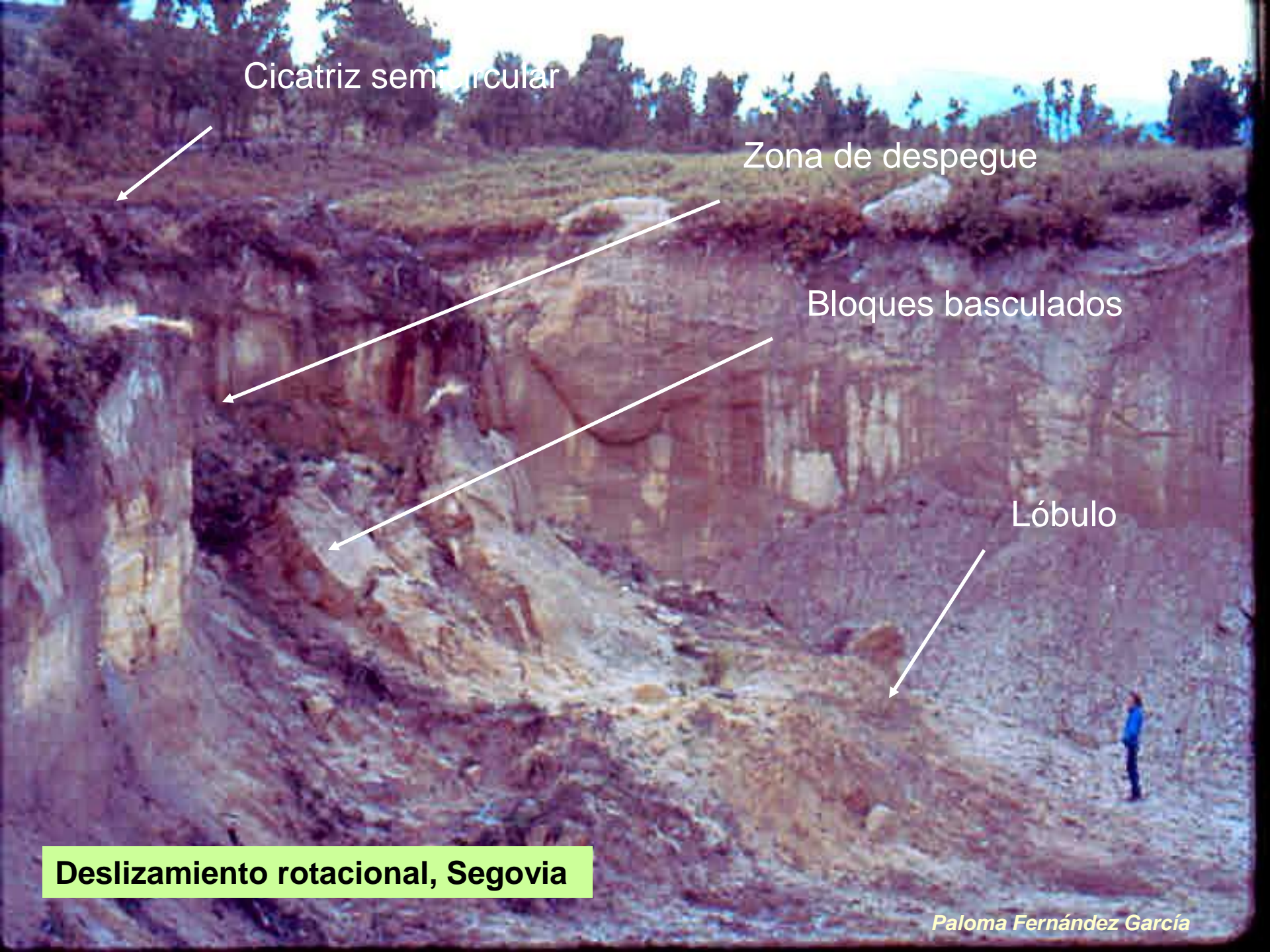
Zona de despegue

Bloques basculados

Lóbulo

Deslizamiento rotacional, Segovia

Paloma Fernández García





Cicatriz deslizamiento rotacional, Málaga



Las series litológicas con materiales permeables a techo sobre materiales impermeables suelen dar problemas de inestabilidad.



Pared arrancada y apoyada en el plano de rotura, Almuñécar



Cicatriz de rotura y arranque de vegetación, Jaén

MEDIDA DE LA ESTABILIDAD

Factor de Seguridad

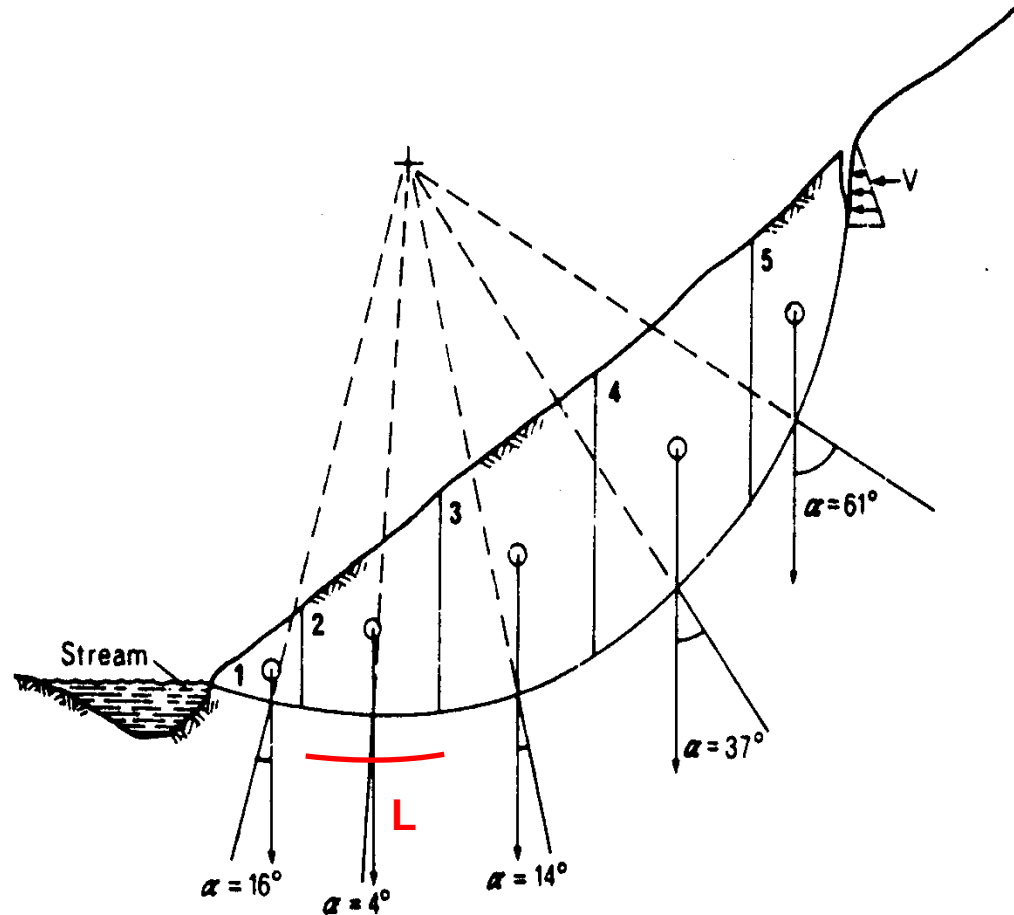
Se calcula por el método
en porciones parciales
(dovelas o celdillas)

L: base de celdilla

C': cohesión efectiva en cada
porción

α : valor de la inclinación en
cada porción

U: presión hidrostática en cada
porción



$$F_s = \frac{\sum_B^A [C' L + (P \cos \alpha - u L) \operatorname{tg} \phi]}{\sum_B^A P \sin \alpha}$$

DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES (otras características)

- Es muy frecuente su relación con alternancias litológicas de diferente competencia (a techo materiales compactos y permeables sobre series incompetentes e impermeables)
- Se relacionan con pendientes fuertes y moderadas, ocasionalmente bajas
- Se asocian con la precipitación caída acumulada.
- Interesa conocer su entorno geomorfológico y antrópico:
 - Incisión red de drenaje. Confluencia de ríos. Excavaciones al pie de un talud por meandros.
 - Ensanche de carreteras, voladuras en canteras
 - Terremotos

